

(12)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 686 850 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 95107297.4

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> G01R 19/20, G01R 15/18

(22) Anmeldetag: 13.05.95

(30) Priorität: 09.06.94 CH 1820/94

Genève (CH)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
13.12.95 Patentblatt 95/50

(71) Erfinder: Alff, Jean-Jacques, Dipl.-Ing.  
Unterrüti 11  
CH-5634 Merenschwand (CH)

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB LI

(71) Anmelder: LEM S.A.  
Chemin des Aulx 8  
CH-1228 Plan-les-Ouates,

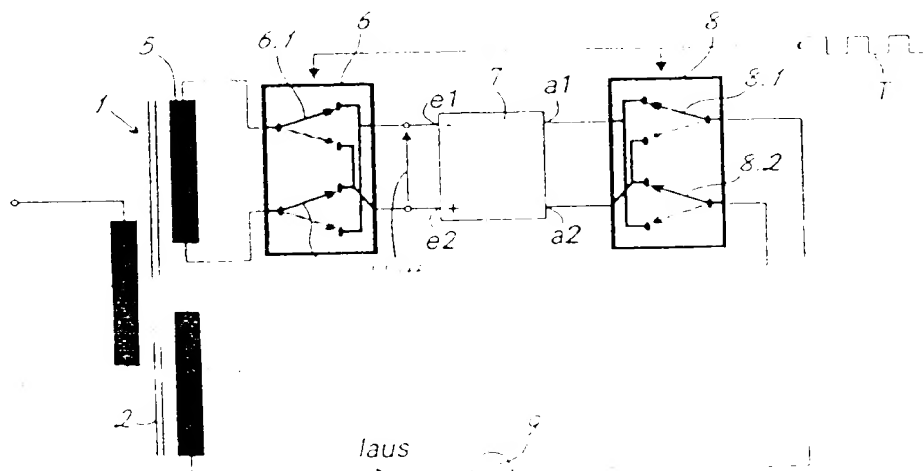
(72) Vertreter: OK pat AG  
Hinterbergstrasse 36,  
Postfach 5254  
CH-6330 Cham (CH)

(54) Schaltungsanordnung zur Messung von Gleichströmen mit Potentialtrennung zwischen Stromkreis und Messkreis

(57) Mit dieser Schaltungsanordnung kann die durch die Offsetspannung verursachte Drift langfristig in engen zulässigen, vorbestimmten Grenzen gehalten werden. Zu diesem Zweck ist zwischen der Indikatorwicklung (5) und dem Eingang des Verstärkers (7) eine erste Umschalteneinrichtung (6) vorgesehen, mittels welcher die Offsetspannung ( $U_{off}$ ) des Verstärkers (7) abwechselnd entweder direkt oder invertiert an die Indikatorwicklung (5) geschaltet werden kann.

Zwischen dem Ausgang des Verstärkers (7) und der Sekundärwicklung (4) ist eine zweite Umschalteneinrichtung (8) angeordnet, mit welcher die Richtung des Kompensationsstromes ( $I_{aus}$ ) in der Sekundärwicklung (4) abwechselnd geändert werden kann. Die Umschalteneinrichtungen (6, 8) sind mit einem Taktgeber verbunden, der ein Taktsignal (T) für die synchrone Betätigung der Umschalteneinrichtungen (6, 8) erzeugt.

Fig.1



Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Messung von Gleichströmen mit Potentialtrennung zwischen Stromkreis und Messkreis, mit einem Stromwandler, auf dessen Kern eine den zu messenden Strom führende Primärwicklung, eine

einen Kompensationsstrom führende Sekundärwicklung und eine Indikatorwicklung angeordnet ist, in welcher durch eine Änderung des zu messenden Stromes eine Spannung induziert wird, sowie mit einem Verstärker, der eingangsseitig mit der Indikatorwicklung und ausgangsseitig mit der Sekundärwicklung und einem Bürdenwiderstand verbunden ist.

Derartige für Gleich- und oder Wechselstrommessungen grosser Genauigkeit geeignete Schaltungsanordnungen arbeiten nach dem Nullflussprinzip. Hierbei wird mit einer Indikatorwicklung eines Messkreises, der von dem den zu messenden Strom führenden Stromkreis galvanisch getrennt ist, der Magnetfluss im Kern des Stromwandlers erfasst und auf einen möglichst kleinen Wert geregelt. Dies wird durch Einspeisung eines Kompensationsstromes in eine Sekundärwicklung des Messkreises erreicht, der das dem Magnetfluss entsprechende Integral der Spannung an der Indikatorwicklung auf Null regelt, und der ein Mass für den zu messenden Strom darstellt und zu diesem Zweck über einen Bürdenwiderstand beispielsweise in Form eines Amperemeters geführt wird.

Mit der Zeitschrift **etz Bd.100, 1979, Heft 24**, ist eine auch magnetischer Integrator genannte Schaltungsanordnung der vorstehend genannten Art bekannt geworden, bei der die Indikatorwicklung mit den Eingangsklemmen eines Verstärkers mit hohem Verstärkungsfaktor verbunden ist, dessen Ausgang den Bürdenwiderstand über die Sekundärwicklung speist. Der die Wicklungen tragende Kern ist ein Ringkern, der aus ferromagnetischem Material besteht. Durch jede Flussänderung im Kern, wie beispielsweise durch eine Änderung des zu messenden Stromes in der Primärwicklung bedingt, wird in der Indikatorwicklung eine Spannung induziert. Der Verstärker erzeugt in der Sekundärwicklung einen dieser Spannung entsprechenden, derart gepolten Kompensationsstrom, dass der Änderung des magnetischen Flusses im Kern entgegen gewirkt wird. Ein Nachteil des magnetischen Integrators ist darin zu sehen, dass auch die Offsetspannung des Verstärkers integriert wird und somit eine Drift entsteht. Dadurch nimmt der Fluss laufend zu, so dass der Kern nach einiger Zeit gesättigt und ein normaler Betrieb nicht mehr möglich ist. Dieser Nachteil lässt sich durch die Verwendung eines magnetischen Modulators vermeiden, mit dem eine Abweichung des Flusses von Null festgestellt werden kann. Solche Modulatoren sind ziemlich aufwendig aufgebaut und daher teuer und benötigen mindestens zwei Kerne,

wenn die Modulation den zu messenden Stromkreis nicht beeinflussen darf und soll.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, die vorstehend erwähnte Nachteile nicht aufweist und die insbesondere keinen Modulator benötigt.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Hierbei ist zwischen der Indikatorwicklung und dem Eingang des Verstärkers eine erste Umschalteneinrichtung vorgesehen, mittels welcher die Offsetspannung des Verstärkers abwechselnd entweder direkt oder invertiert an die Indikatorwicklung geschaltet werden kann. Zwischen dem Ausgang des Verstärkers und der Sekundärwicklung ist eine zweite Umschalteneinrichtung angeordnet, mit welcher die Richtung des Kompensationsstromes in der Sekundärwicklung abwechselnd geändert werden kann. Die Umschalteneinrichtungen sind mit einem Taktgeber verbunden, der ein Taktsignal für die synchrone Betätigung der Umschalteneinrichtungen erzeugt.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind darin zu sehen, dass die zur Offsetspannung proportionale Drift sehr klein gehalten werden kann, so dass sie innerhalb bestimmter geforderter Genauigkeitsgrenzen zu liegen kommt. Da kein Modulator verwendet wird, ist der Aufwand geringer und die Rückwirkung auf den zu messenden Strom wird vermieden. Gemäss einer besonderen Ausführungsform kann der Kompensationsstrom in einer nachfolgenden Elektronik weiterverarbeitet werden. Der magnetische Integrator mit der erfindungsgemässen Umschaltung der Indikatorwicklung eignet sich für alle Messaufgaben mit Gleich- und/oder Wechselstrom, wobei insbesondere Fehlerstromerfassung und Differentialschutz mit hoher Empfindlichkeit gut realisiert werden kann, da normalerweise die Durchflutung Null ist und keine Leistung für das Speisen der Kompensationswicklung aufgewendet werden muss.

Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig.1 Ein Blockschaltbild der erfindungsgemässen Schaltungsanordnung in einer ersten Ausführungsform;
- Fig.2 ein Blockschaltbild der Schaltungsanordnung in einer zweiten Ausführungsform;
- Fig.3 ein Strom-Zeit-Diagramm des Kompensationsstromes der Schaltungsanordnung, wenn die Primärwicklung keinen Strom führt;
- Fig.4 eine schematische Darstellung eines ersten Anwendungsbeispiels der Schaltungsanordnung;
- Fig.5 eine schematische Darstellung eines

Fig.6

zweiten Anwendungsbeispiels der Schaltungsanordnung, und eine schematische Darstellung eines dritten Anwendungsbeispiels der Schaltungsanordnung.

In der Fig.1 ist mit 1 ein Stromwandler bezeichnet, auf dessen Kern 2 eine den zu messenden Strom führende Primärwicklung 3, eine einen Kompensationsstrom laus führende Sekundärwicklung 4 und eine Indikatorwicklung 5 angeordnet ist, in welcher durch eine Änderung des zu messenden Stromes in der Primärwicklung 3 eine Spannung induziert wird. Der Kern 2 ist ein Ringkern, der aus ferromagnetischem Material besteht. Die Anschlüsse der Indikatorwicklung 5 sind über eine erste, zwei Umschalter 6.1, 6.2 aufweisende Umschalteneinrichtung 6 mit den Eingängen e1, e2 eines Verstärkers 7 verbunden, der ein als Regler arbeitender Operationsverstärker ist. Mittels der ersten Umschalteneinrichtung 6 können die Anschlüsse der Indikatorwicklung 5 abwechselnd an den einen oder den anderen Eingang e1, e2 des Verstärkers 7 geschaltet werden, so dass die Offsetspannung U<sub>off</sub> des Verstärkers 7 direkt oder invertiert an die Indikatorwicklung 5 gelegt wird. Die Anschlüsse der Sekundärwicklung 4 sind über eine zweite, zwei Umschalter 8.1, 8.2 aufweisende Umschalteneinrichtung 8 und einen Bürdenwiderstand beispielsweise in Form eines Amperemeters 9 mit einem ersten Ausgang a1 und einem zweiten Ausgang a2 des Verstärkers 7 verbunden. Mittels der zweiten Umschalteneinrichtung 8, die synchron mit der ersten Umschalteneinrichtung 6 betrieben wird, können die Anschlüsse der Sekundärwicklung 4 abwechselnd an den ersten Ausgang a1 oder den zweiten Anschluss a2 des Verstärkers 7 geschaltet werden. Weil gleichzeitig Eingänge und Ausgänge des Verstärkers umgeschaltet werden, bleibt der Regelsinn für die Kompensation erhalten. Der Strom laus wechselt weder Vorzeichen noch Wert beim Schalten. Die Ströme an den Ausgängen a1 und a2, die zueinander komplementär sind, wechseln hingegen das Vorzeichen im Umschaltmoment. Die Umschalteneinrichtungen 6, 8 sind mit einem nicht weiter dargestellten und beschriebenen Taktgeber verbunden, der ein Taktsignal T für die synchrone Betätigung beider Umschalteneinrichtungen 6, 8 erzeugt. Als Umschalteneinrichtungen können beispielsweise Mosfets oder andere Halbleiterschalter sowie Fotowiderstände und mechanische bzw.

Sekundärwicklung 4 ist über eine lediglich einen Umschalter 12.1 aufweisende zweite Umschalteneinrichtung 12 direkt, sowie über die zweite Umschalteneinrichtung 12 und einen Inverter 13 mit dem Ausgang a des Verstärkers 10 verbunden. Mittels der zweiten Umschalteneinrichtung 12 kann der eine Anschluss der Sekundärwicklung 4 abwechselnd direkt oder über den Inverter 13 an den Ausgang a des Verstärkers 10 geschaltet werden, so dass die Richtung des Kompensationsstromes laus in der Sekundärwicklung 4 im Umschalttakt ständig gewechselt wird. Der andere Anschluss der Sekundärwicklung 4 ist mit einem weiteren, nicht dargestellten Strom/Spannungswandler verbunden, wobei dessen Bürdenwiderstand bzw. Amperemeter oder virtuelle Erde, die den Kompensationsstrom laus weiterverarbeiten, gegen Erde betrieben werden kann (Fig.5,6).

Der Stromkreis des Kompensationsstromes laus ist geschlossen über die gegen Erde betriebenen Stromversorgungen von Verstärker 10 und Inverter 13.

In der Fig.3 zeigt eine Kennlinie A den zeitlichen Verlauf des Kompensationsstromes laus bzw. der durch die Offsetspannung U<sub>off</sub> verursachten momentanen Drift ohne die Umschalteneinrichtungen 6, 8, 11, 12, und eine Kennlinie B den Verlauf mit den Umschalteneinrichtungen 6, 8, 11, 12. Mit F ist eine Zulässige Fehlerbandbreite bezeichnet, die beispielsweise  $\pm 1$  mA betragen kann. In einem ersten Zeitpunkt t1 würde die Kennlinie A die zulässige Fehlerbandbreite F überschreiten, während die Kennlinie B die Fehlerbandbreite F erst zu einem zweiten, wesentlich späteren Zeitpunkt t2 überschreitet.

Die Offsetspannung U<sub>off</sub> des Verstärkers 7 bzw. 10, die anfänglich auf Null abgeglichen wird, kann durch Alterung, Herstellungsfehler, Temperatur usw. wieder von Null abweichende Werte annehmen, so dass eine Drift entsteht. Da die Offsetspannung U<sub>off</sub> sich dabei relativ langsam ändert, kann man die Drift wieder rückgängig machen, indem die Umschalteneinrichtungen 6, 8, 11, 12 in gleich langen durch das Taktsignal T gegebenen Zeitabständen abwechselnd in die eine oder andere Stellung geschaltet werden. Im Idealfall, wenn die Umschalteneinrichtungen 6, 8, 11, 12 keine Spannungsdifferenzen aufweisen würden, wäre die mittlere Drift Null, auch wenn die Offsetspannung U<sub>off</sub> einen unbekannten, von Null abweichenden Wert

11.1, 11.2 aufweisen. Die Umschalteneinrichtungen 11.1, 11.2 sind mit den Eingängen e1, e2 eines Verstärkers 10 angeschlossen, der ein als Regler arbeitender Operationsverstärker ist.

Die Umschalteneinrichtungen 11.1, 11.2 sind mit dem Taktgeber 11 verbunden, der ein Taktsignal T für die synchrone Betätigung beider Umschalteneinrichtungen 11.1, 11.2 erzeugt.

Jahr, die zulässige Fehlerbandbreite überschreitet (t2, Fig.3).

Gemäss Fig.4 ist eine Quelle Q über die Primärwicklung 3 des in den Fig.1, 2 beschriebenen magnetischen Integrators MI mit einem Verbraucher V verbunden. Eine derartige Anordnung kann vorteilhaft als empfindlicher Fehlerstromdetektor für Gleich- und Wechselstrombetrieb angewendet werden. Hierbei ist der Kompensationsstrom I<sub>aus</sub> ein Mass für die Ströme I<sub>1a</sub> + I<sub>1b</sub> und ist normalerweise Null.

In der Fig.5 sind mit IS Isolatoren und mit AM Amperemeter bezeichnet. Die gute Reproduzierbarkeit des Übertragungsverhältnisses der in der Fig.2 beschriebenen magnetischen Integratoren MI ermöglicht es, dass diese Anordnung als empfindlicher Differentialschutz für Gleich- und Wechselstrombetrieb eingesetzt werden kann. Solange z.B. kein Isolationsdefekt in der Quelle Q vorliegt, ist I<sub>2a</sub> gleich -I<sub>2b</sub>, so dass die Summe beider Ströme gleich Null ist.

Die Anordnung gemäss Fig.6 zeigt eine weitere Schaltung für die Fehlerdetektion. Die Summe der vier Ströme I<sub>2a</sub> bis I<sub>2d</sub> ist Null, wenn kein Isolationsdefekt vorliegt.

#### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Messung von Gleichströmen mit Potentialtrennung zwischen Stromkreis und Messkreis, mit einem Stromwandler (1), auf dessen Kern (2) eine den zu messenden Strom führende Primärwicklung (3), eine einen Kompensationsstrom (I<sub>aus</sub>) führende Sekundärwicklung (4) und eine Indikatorwicklung (5) angeordnet ist, in welcher durch eine Änderung des zu messenden Stromes eine Spannung induziert wird, sowie mit einem Verstärker (7, 10), der eingangsseitig mit der Indikatorwicklung (5) und ausgangsseitig mit der Sekundärwicklung (4) und einem Bürdenwiderstand (9) verbunden ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Verstärker (7, 10) eingangsseitig über eine erste Umschalteneinrichtung (6, 11) derart mit der Indikatorwicklung (5) verbunden ist, dass die Offsetspannung (U<sub>off</sub>) des Verstärkers (7, 10) abwechselnd entweder direkt oder invertiert an die Indikatorwicklung (5) geschaltet werden kann,
- der Verstärker (7, 10) ausgangsseitig über eine zweite Umschalteneinrichtung (8, 12) derart mit der Sekundärwicklung (4) verbunden ist, dass die Richtung des Kompensationsstromes (I<sub>aus</sub>) in der Sekundärwicklung (4) abwechselnd geändert werden kann,

und

- die Umschalteneinrichtungen (6, 8, 11, 12) mit einem Taktgeber verbunden sind, der ein Taktsignal (T) für die synchrone Betätigung der Umschalteneinrichtungen (6, 8, 11, 12) erzeugt.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die erste Umschalteneinrichtung (6) zwei Umschalter (6.1, 6.2) aufweist, wobei die Anschlüsse der Indikatorwicklung (5) abwechselnd an den einen oder den anderen Eingang (e1, e2) des Verstärkers (7) geschaltet werden,

und

- die zweite Umschalteneinrichtung (8) zwei Umschalter (8.1, 8.2) aufweist, wobei die Anschlüsse der Sekundärwicklung (4) abwechselnd an einen Ausgang (a) oder einen Masseanschluss (m) des Verstärkers (7) geschaltet werden.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die erste Umschalteneinrichtung (11) zwei Umschalter (11.1, 11.2) aufweist, wobei die Anschlüsse der Indikatorwicklung (5) abwechselnd an den einen oder den anderen Eingang (e1, e2) des Verstärkers (10) geschaltet werden,

und

- die zweite Umschalteneinrichtung (12) einen Umschalter (12.1) aufweist und direkt sowie über einen Inverter (13) mit einem Ausgang (a) des Verstärkers (10) verbunden ist, wobei der eine Anschluss der Sekundärwicklung (4) abwechselnd direkt oder über den Inverter (13) an den Ausgang (a) geschaltet wird.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der andere Anschluss der Sekundärwicklung (4) zwecks Weiterverarbeitung des Kompensationsstromes (I<sub>aus</sub>) mit einem weiteren Stromwandler verbindbar ist.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umschalteneinrichtungen (6, 8, 11, 12) aus Mosfets oder anderen Halbleiterschaltern bestehen

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umschalteneinrichtungen (6, 8, 11, 12) aus mechanischen bzw. elektromechanischen Schaltern bestehen.



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 10 7297

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (InCL6)
Y,D	ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT - ETZ, Bd. 100, Nr. 24, November 1979 BERLIN DE, Seiten 1390-1394, J.LISSER ET AL. 'Nullfluss-Stromwandler zur Messung von Gleich- und Wechselströmen' * Seite 1390, mittlere Spalte, Absatz 1 - Seite 1391, linke Spalte, Absatz 1; Abbildungen 1,2,8 *	1-6	G01R19/20 G01R15/18
Y	EP-A-0 375 173 (GENERAL ELECTRIC) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * * Spalte 1, Zeile 34 - Spalte 2, Zeile 19 * * Spalte 4, Zeile 47 - Spalte 5, Zeile 17 * * Spalte 6, Zeile 6 - Zeile 21 *	1-6	
A	GB-A-2 199 150 (GENERAL ELECTRIC) * Ansprüche 1,5; Abbildungen 4-6 *	1-6	
A	EP-A-0 365 216 (GENERAL ELECTRIC) * Abbildungen 9A-C *	1-6	
A	EP-A-0 137 347 (DANFYSIK) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Seite 1, Zeile 1 - Seite 3, Zeile 31 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			

### KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

- X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet  
Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer  
anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  
A: technologischer Hintergrund  
O: schriftliche Offenbarung  
P: Zwischenliteratur

- Der Erfindung zugrunde liegende Stand der Technik ist  
in einem Patentdokument, das jedoch nicht am 1.1.1980  
nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
D: in der Anmeldung angeführtes Dokument  
L: aus andern Gründen angeführtes Dokument  
Δ: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes  
Dokument

Fig. 5

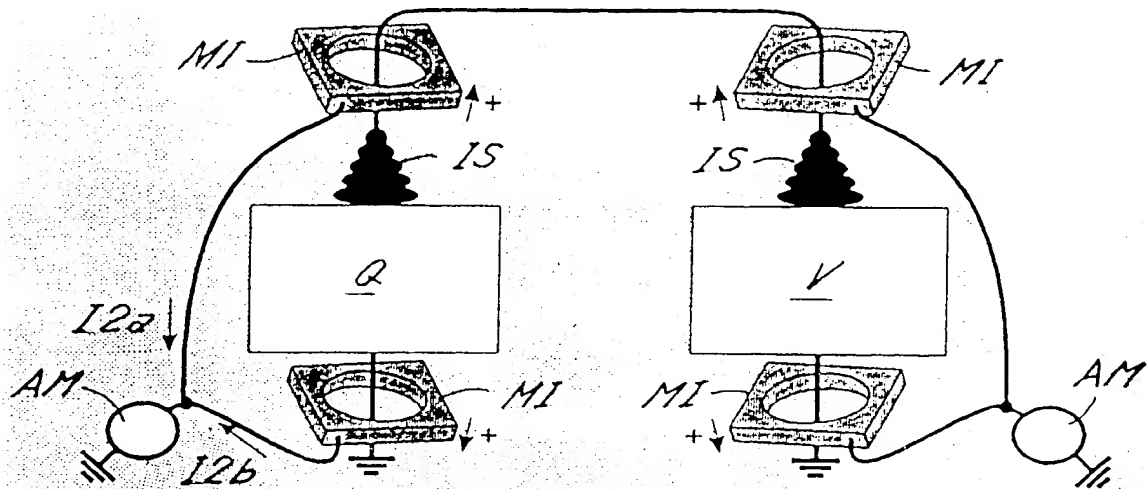


Fig. 6

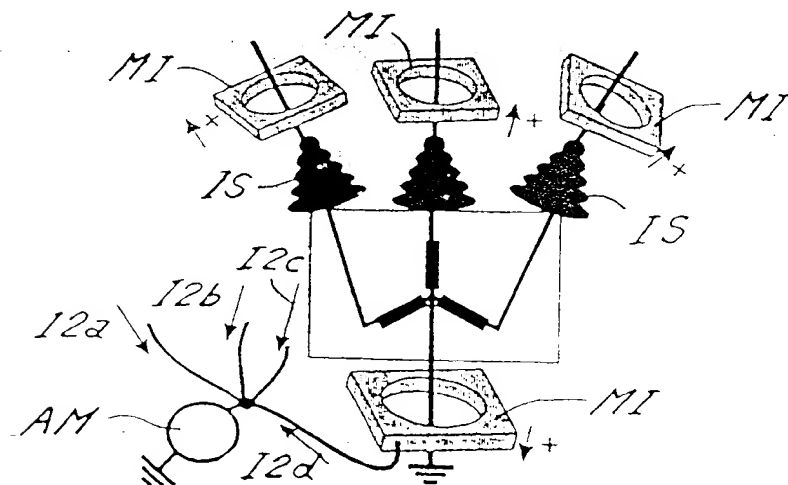


Fig. 3

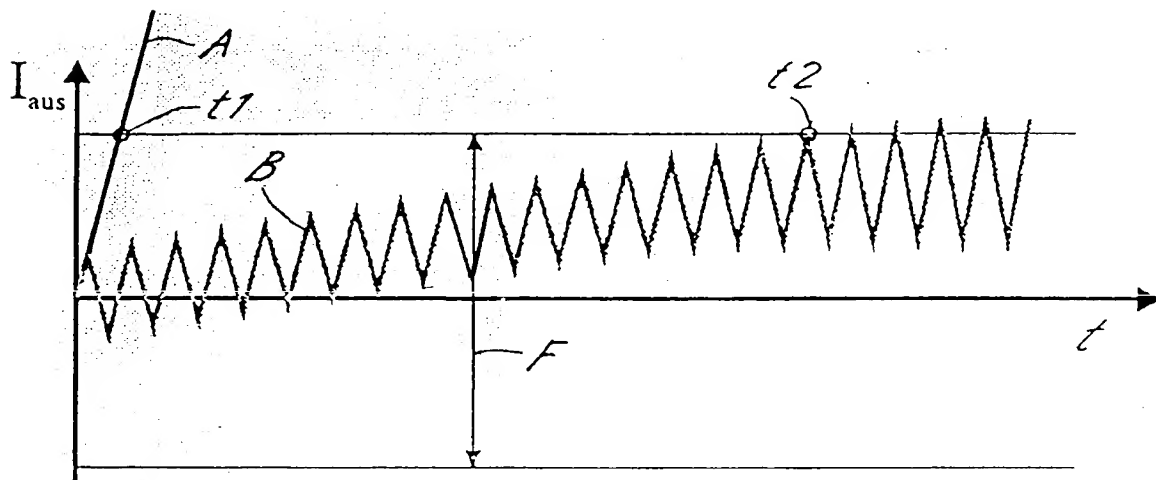


Fig. 4

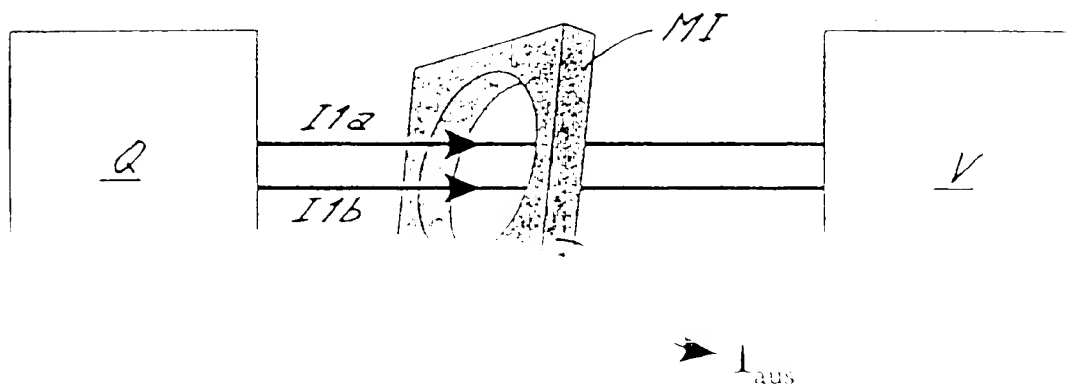


Fig.1

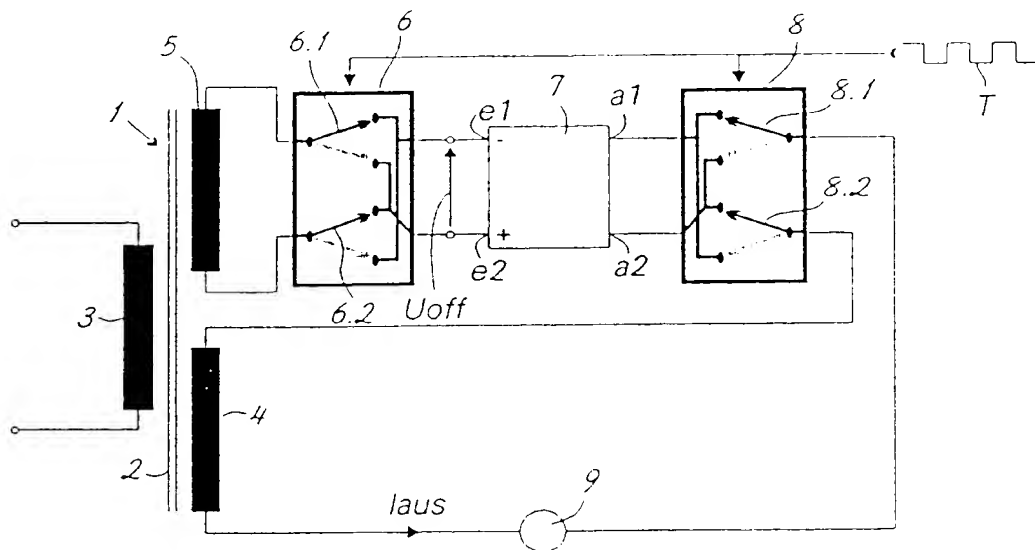


Fig.2

